

模具断裂失效浅析及案例分析

林庆谊, 唐国盟, 管迎春

(清华大学深圳研究生院新材料所, 广东 深圳 518055)

摘要: 简要概述模具断裂失效的类型及原因, 并以 SKD61 和 SKH51 两失效件为例, 详细阐述在实验室条件下如何有效利用现有检测设备, 以观察并分析得出其失效原因。首先, 运用体视显微镜, 观察裂纹开裂处表面情况; 其次, 参照国家标准, 利用光学显微镜, 评定失效件非金属夹杂物是否合格; 再者, 结合洛氏硬度计, 判断失效件金相组织有无异常。最终断定, 工件失效的主要原因与其热处理过程有着密切联系, 因此需严格控制热处理工艺, 以避免工件过早时效。

关键词: 模具; 断裂失效; 陈旧型裂纹; 应力型裂纹

中图分类号: TG241 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8365(2008)06-0773-04

Case Study and Analysis of Mould Fracture Failure

LIN Qing-yi, TANG Guo-yi, GUAN Ying-chun

(Advanced Materials Institute, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: Several basic classifications and causes of mould fracture failure are summarized briefly. Two examples of SKD61 and SKH51 mould failure were used to expatiate how to use the available inspection equipments analyze and determine the main cause of two failure parts. Stereoscopic microscopy is employed to examine the fracture origin, and optical microscopy with Rockwell hardness testing is applied to detect the microscopic features, including non-metallic inclusions and microstructures according to the national standard. It is determined that the main reason of mould fracture failure is closely relevant to heat treatment process. Subsequently, the heat treatment should be strictly controlled so as to prevent the premature aging.

Key words: Mould; Fracture failure; Old crack; Stress crack

近年来, 伴随机械、仪器、电子等各工业部门采用新的高精度、高效率的模具加工成形工艺, 对模具使用寿命及其失效破坏等方面的研究倍受关注^[1]。

模具失效, 即模具经自然磨损或损坏, 致使模具不能继续发挥其原来设计之初所要求的效能。具体来说, 模具失效的情况大致分成以下 3 种: 模具已完全不能工作; 模具仍能工作, 但已无法实现指定功能; 模具由于结构上存在严重损伤等原因, 无法继续安全操作^[2]。

造成模具失效的原因复杂, 涉及的技术面广, 主要原因可归纳为设计不合理、材质不佳、热处理不当、加工不良、使用不妥等几方面。因此, 在模具使用中出现失效问题后, 应逐项分析, 找出主要原因, 制定解决方案。

1 试验方法

试验材料为 SKD61(陈旧型裂纹试样)和 SKH51(应力型裂纹试样)失效件。首先, 将失效件放在 OLYMPUS SZX12 体视显微镜下进行裂纹开裂处表面

宏观形貌的观察。随后, 分别在裂纹区域及裂纹附近区域纵向取材, 利用线切割切取 16 mm×20 mm 的金相试样, 并使用 Struers Tegrapol-15 全自动抛光机对试样抛光, 参照 GB10561-89 国家标准, 利用 OLYMPUS GX51 光学显微镜进行钢中非金属夹杂物的显微评定。最后, 选用 4% 硝酸酒精溶液侵蚀试样, 利用 OLYMPUS GX51 光学显微镜进行金相组织观察, 并利用 HR-150A 洛氏硬度计进行表面硬度测试。

2 断裂失效实例分析

2.1 陈旧型裂纹

2.1.1 裂纹开裂处表面观察

裂纹开裂处宏观形貌如图 1 所示。可以发现, 工件表面存在明显的挤压痕迹, 说明在裂纹萌生之后, 工件经历循环载荷反复受力, 造成裂纹表面反复相互咬合挤压磨擦, 导致裂纹进一步扩展而开裂。

2.1.2 裂纹附近纵向取材非金属夹杂物

根据 ASTM E45 Method A 评定标准对试样表面进行非金属夹杂物评级。国内非金属夹杂物评定标准 GB10561-89 将钢材中的非金属夹杂物主要分为两大类——A 类硫化物类型和 B 类氧化铝类型。根据试

收稿日期: 2008-01-08; 修订日期: 2008-04-08

作者简介: 林庆谊(1984-), 福建莆田人, 硕士生, 主要从事金属材料电塑性加工及模具失效分析等方面研究。

Email: linqy05@hotmail.com

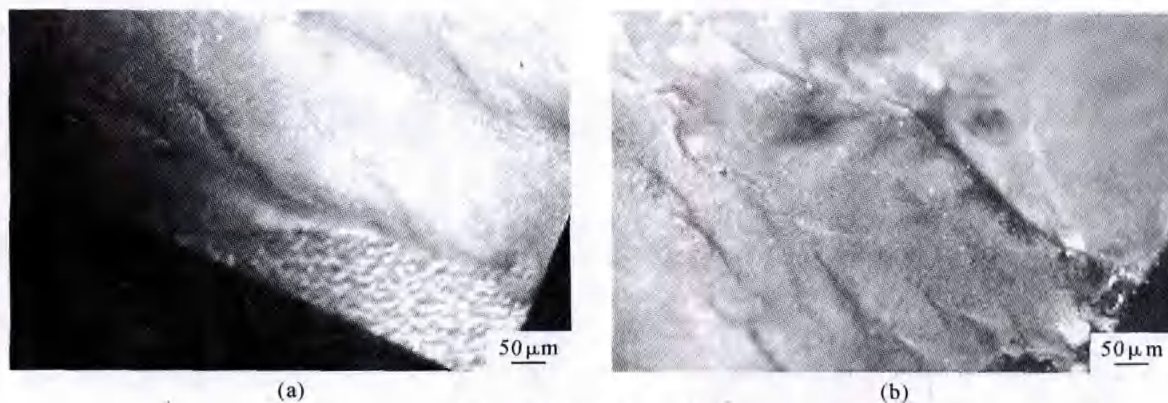


图1 裂纹开裂处宏观形貌

Fig. 1 Fracture morphology of crack

样表面放大 100 倍视场下的检测结果(图 2)得知,该试样的 A 类夹杂物可评为 1.0 级,且由于该试样中氧化物尺寸较小,约 $7\sim 8\ \mu\text{m}$,同时较为分散,故 B 类夹杂物评为 1.0 级,均属于合格范围。

2.1.3 裂纹附近纵向取材金相组织

裂纹附近纵向取材金相组织如图 3 所示。该试样组织为回火屈氏体,存在轻度偏析,晶粒尺寸较均匀细小,属于正常组织。试样硬度为 49.3 HRC,与其金相组织相符,属于正常范围。

2.1.4 裂纹抛光表面及其轻度腐蚀表面的观察

裂纹处取材抛光试样表面,如图 4~图 6 所示。裂

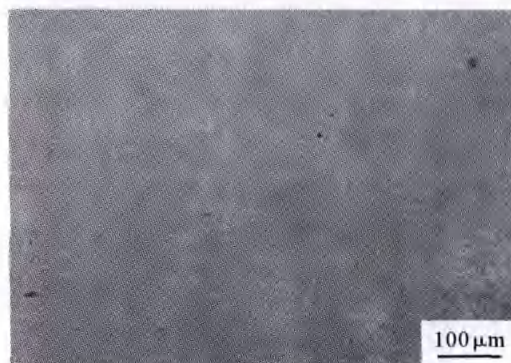


图2 非金属夹杂物

Fig. 2 Non-metallic inclusions

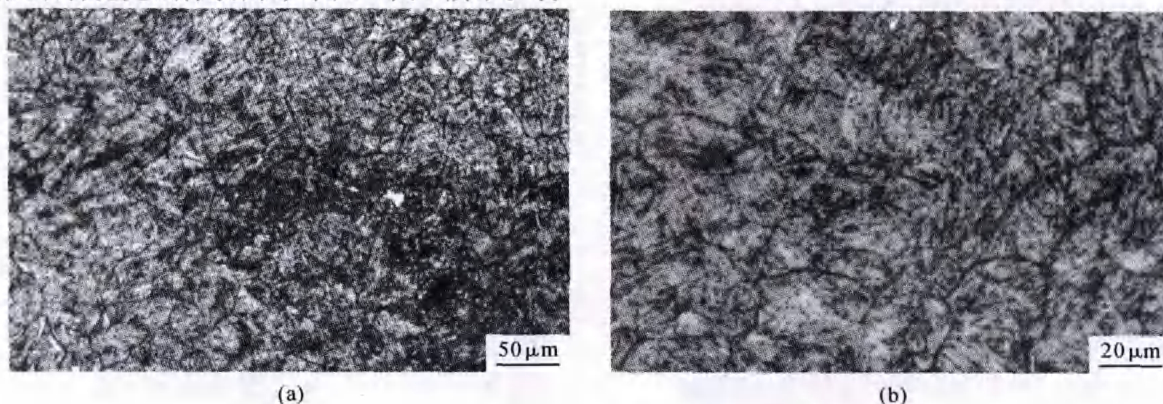


图3 材料显微组织

Fig. 3 Microstructure of mould material

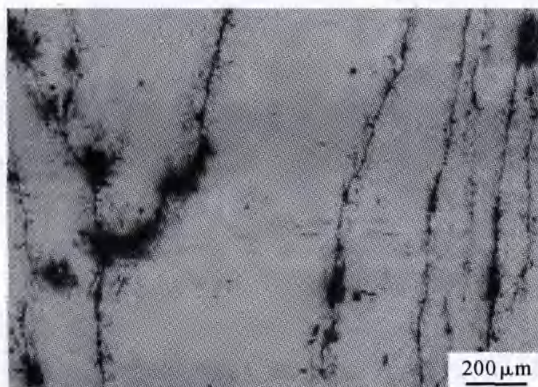


图4 裂纹分叉

Fig. 4 Crack divarication

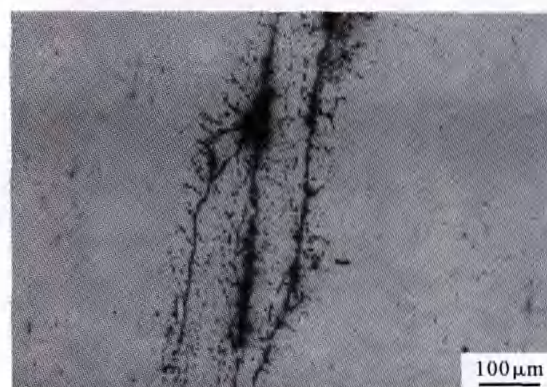


图5 裂纹处密集氧化点

Fig. 5 Dense oxidizes at cracks

Jun. 2008

纹扩展分叉,且主裂纹内存在较厚氧化皮,裂纹附近氧化区,并密集分布着氧化点。用4%硝酸酒精溶液轻度侵蚀其表面,如图7所示。裂纹优先沿

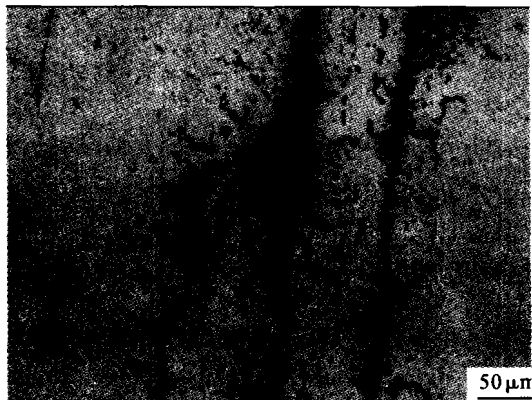


图6 裂纹处密集氧化点

Fig. 6 Dense oxidizes at cracks

综上所述,该断裂裂纹属于陈旧型裂纹,其断裂失效存在两种可能性:工件内部存在原始的铸造或锻造缺陷,经过后续热处理过程,则裂纹萌生和扩展并进一步形成大量细小氧化点;工件在热处理过程中萌生裂纹,经过后续热加工和使用过程,从而造成裂纹进一步

晶界扩展,部分细小氧化物呈沿晶界分布,说明裂纹形成后曾经历受热,裂纹附近未发现明显脱碳现象。



图7 裂纹处轻度腐蚀

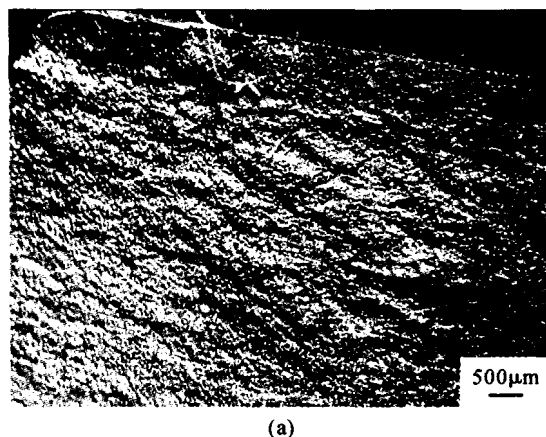
Fig. 7 Slight corrosion at cracks

扩展并最终开裂。

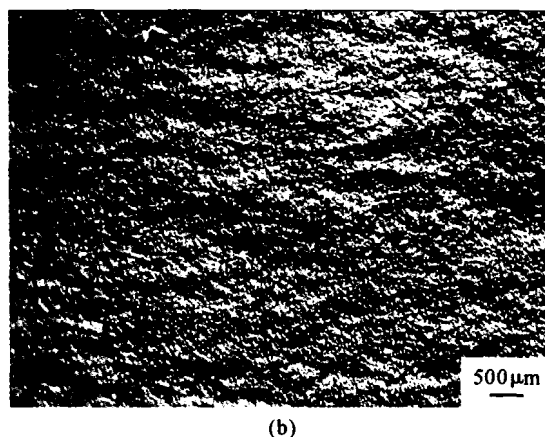
2.2 应力型裂纹

2.2.1 裂纹开裂处表面观察

裂纹开裂处宏观形貌如图8所示,裂纹附近未发现明显氧化现象,属于正常的回火痕迹。



(a)



(b)

图8 裂纹开裂处宏观形貌

Fig. 8 Fracture morphology of crack

2.2.2 裂纹处非金属夹杂物

根据 ASTM E45 Method A 评定标准对试样表面进行非金属夹杂物评级,试样表面放大100倍视场下的检测结果见图9,可以得知裂纹附近A类夹杂物可评为1.5级。由于其氧化物尺寸约10~12 μm,故B类夹杂物评为1.5级,均属于合格范围。

2.2.3 裂纹处金相显微组织

裂纹处金相显微组织如图10所示。该试样组织为针状回火马氏体和大量块状碳化物。原奥氏体晶粒尺寸基本正常,大块碳化物分布较均匀,无明显偏析现象,裂纹扩展与大块碳化物的存在无直接关系。回火马氏体针状明显,部分大块碳化物中存在明显黑色区。试样

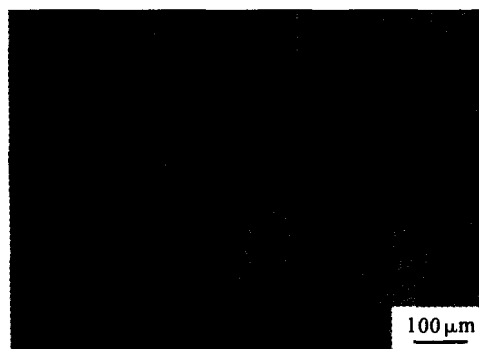


图9 非金属夹杂物

Fig. 9 Non-metallic inclusions

硬度为58.6 HRC,与其金相组织相符,属于正常范围。

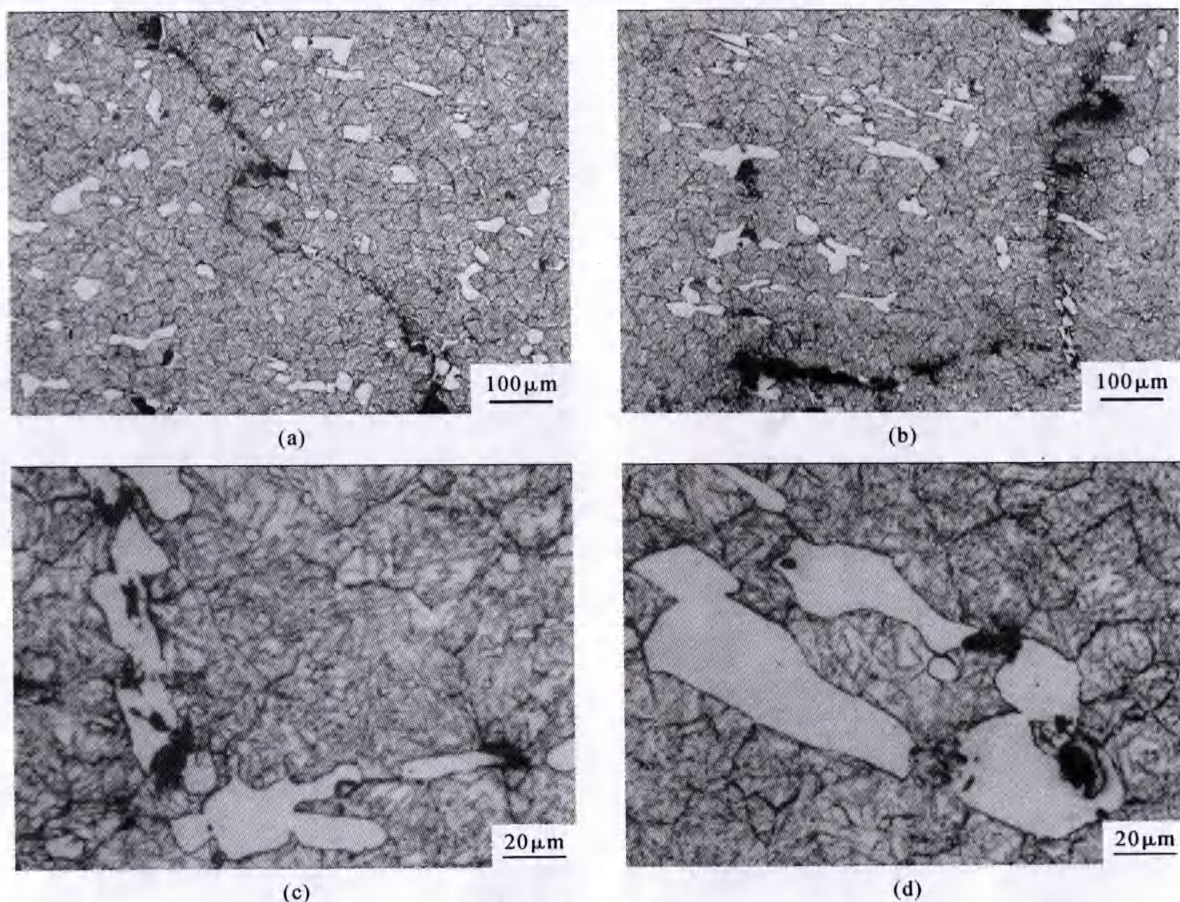


图 10 材料显微组织

Fig. 10 Microstructure of mould material

3 结语

综上所述,该失效件裂纹的萌生和扩展与其应力分布状态有关,可能由于工件在热处理过程中回火不及时或不充分,造成应力分布不均匀,进而局部应力集中导致裂纹萌生,并最终进一步扩展开裂。通常这种应力型裂纹可通过多次充分回火处理,以改善其应力分布状态,从而避免过早断裂失效。

参考文献

- [1] 徐进,陈再枝,陈景榕,等. 模具钢[M]. 北京:冶金工业出版社,1998.
- [2] 孙维连,陈再良,王成彪. 机械产品失效分析思路及失效案例分析[J]. 材料热处理学报,2004,25(1):69-73.
- [3] 束德林. 金属力学性能[M]. 北京:机械工业出版社,2002.

供应复合除渣剂、磷铁、锰铁



25kg纸塑袋



25kg塑编袋



25kg塑编袋

河南省临颖县豫中铁合金有限公司
地址:临颖县黄龙工业区一环路
传真:0395-8660366

邮编:462600

电话:0395-8662249,13603858988

Email: yzthjco@126.com